

# A moratória da soja no Brasil

A governança da cadeia de abastecimento é necessária para evitar o desmatamento

Por H.K. Gibbs<sup>1\*</sup>, L. Rausch<sup>1</sup>, J. Munger<sup>1</sup>, I. Schelly<sup>1</sup>, D. C. Morton<sup>2</sup>, P. Noojipady<sup>3,4</sup>, B. Soares-Filho<sup>5</sup>, P. Barreto<sup>6</sup>, L. Micol<sup>7</sup>, N. F. Walker<sup>4</sup>

\*\*\*Esse texto é uma tradução do original, que foi publicado no inglês e está disponível em <http://www.sciencemag.org/content/347/6220/377.summary>

Por favor cite esse artigo como:

Gibbs, H. K., et al. "Brazil's Soy Moratorium." *Science* 347.6220 (2015): 377-378

A moratória da soja no Brasil (MSoja) foi o primeiro acordo voluntário de desmatamento zero implementado nos trópicos e abriu caminho à governança da cadeia de abastecimento de outros "commodities," como carne bovina e óleo de palma [material suplementar (MS)]. Em resposta à pressão de varejistas e de Organizações Não Governamentais (ONGs), os principais traders de soja assinaram a MSoja, se comprometendo a não comprar soja cultivada em terras desmatadas após julho de 2006 na Amazônia brasileira. A indústria de soja recentemente prorrogou a MSoja até maio de 2016, afirmando que até esta data já terão sido implementadas melhorias suficientemente robustas na governança ambiental brasileira – tais como o aumento da fiscalização e a implementação nacional do Cadastro Ambiental Rural (CAR) para todas as propriedades privadas, exigido pelo Código Florestal (1) – para justificar o término do acordo (2). Porém, argumentamos que é necessário um compromisso de maior prazo para ajudar a manter as cadeias de abastecimento de soja livres de desmatamento, pois é provável que ainda levem alguns anos até que a regularização e a aplicação desses procedimentos sejam plenamente cumpridas. O risco ao encerrar prematura-

mente a MSoja é que o desmatamento para expansão da produção de soja volte a ocorrer, justamente no momento em que as empresas estão se comprometendo com o desmatamento zero nas cadeias de abastecimento (3).

Entre 2001 e 2006, os plantios de soja se expandiram em um milhão de hectares (Mha) no bioma Amazônia, e a conversão direta de florestas para produção do grão contribuiu para taxas recordes de desmatamento (4, 6). As fazendas em desacordo com a MSoja foram identificadas com o uso de satélite e de um sistema de monitoramento aéreo, desenvolvido numa parceria entre a indústria, ONGs e o governo. Elas foram impedidas de vender para empresas signatárias da MSoja. Os dados de monitoramento confirmam um alto cumprimento da MSoja (6).

**Estimativa de impactos.** Nos dois anos anteriores do acordo, quase 30% da expansão da soja aconteceram por meio de desmatamento e não por substituição de pastagem ou de outras áreas previamente desmatadas. Após a MSoja, o desmatamento para plantio do grão reduziu drasticamente para aproximadamente 1% da expansão no bioma Amazônia até 2014 (Veja a tabela) (MS, tabela S1) (6). Os plantios de soja cresceram em 1,3 Mha no bioma Amazônia durante este período (5). No bioma

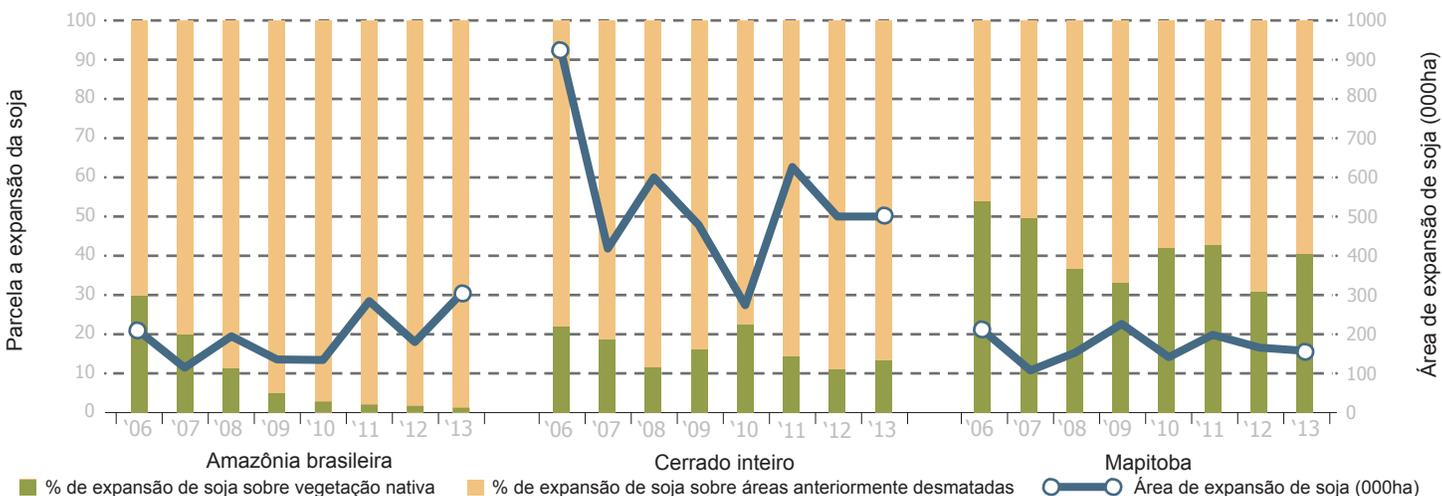
Cerrado, onde a MSoja não se aplica, a taxa anual de expansão da soja em áreas de vegetação nativa continuou a ser considerável, variando de 11 a 23% entre 2007 e 2013 (MS, tabela S2). Na mais recente zona agrícola brasileira – a região leste do Cerrado, nos Estados do Maranhão, Piauí, Tocantins e Bahia, chamada de Mapitoba –, quase 40% da expansão total da soja entre 2007 e 2013 ocorreu à custa de vegetação nativa (tabela S3). Nas décadas recentes, cerca de metade do bioma Cerrado foi convertida para produção agrícola, e estas florestas e savanas estão sob menor proteção das leis ambientais (7) do que a floresta amazônica. Dessa forma, são necessários mais estudos para avaliar o potencial de haver fuga da produção de soja para o Cerrado e até mesmo para outros países, bem como para quantificar o desmatamento evitado pela MSoja.

**Registro de propriedades no CAR.** O CAR é o primeiro mecanismo transparente disponível que permite avaliar o cumprimento das exigências do Código Florestal e outros regulamentos, pois ele associa o proprietário responsável pelo uso da terra à propriedade. Conforme a lei, todas as propriedades rurais no Brasil devem ser cadastradas no CAR até maio de 2016, mas a expectativa é que ocorram atrasos em virtude do imenso trabalho requerido para demarcar mais de 5 milhões de propriedades. No Pará e Mato Grosso, os dois estados com maior participação no CAR, mais de 65% e 48% das terras agrícolas, respectivamente, estão registradas (MS).

Contudo, somente o registro das propriedades no CAR não é suficiente para proteger efetivamente as florestas (8,9). Por exemplo, em 2014, em torno de 25% do desmatamento em Mato Grosso e 32% no Pará aconteceram em propriedades registradas no CAR (10) (MS). Em ambos os estados, quase a metade deste desmatamento ocorreu nas áreas de Reserva Legal (RL), nas quais o Código Florestal exige que seja mantida veg-

## Expansão do cultivo de soja por região

Expansão do cultivo de soja e uso de solo anterior após a MSoy de 2006. Anotar que a área de Mapitoba se incluye no Cerrado (ver MS)



etação nativa. A maior parte deste desmatamento foi ilegal; e somente poucas propriedades registradas com desmatamento tanto em Mato Grosso (9%) como no Pará (4%) possuíam cobertura florestal maior ou igual aos 80% exigidos pelo Código Florestal (MS).

Comparamos o cumprimento da MSoja e do Código Florestal em nível de propriedade para verificar a resposta relativa dos produtores de soja aos regulamentos. No Estado de Mato Grosso, que é responsável por 85% da soja produzida no bioma Amazônia, verificamos que propriedades produtoras mapeadas  $\geq 25$  hectares desrespeitaram o Código Florestal, apesar de respeitarem a MSoja (tabela S4). Em somente 2% das propriedades produtoras de soja mapeadas em Mato Grosso as RLs eram suficientes, o que torna quase todo o desmatamento ilegal (tabela S5). Pelo menos 627 propriedades de soja em Mato Grosso desrespeitaram o Código Florestal e desmataram florestas ilegalmente durante a vigência da MSoja, mas somente 115 propriedades foram excluídas pelas tradings de soja como resposta às violações ao MSoja (2). É possível que esta discrepância se deva ao fato de a MSoja regular somente a porção da propriedade plantada com soja, e não a propriedade inteira. O número maior de violações ao Código Florestal sugere que os produtores estão mais propensos a cumprir a MSoja.

**Fiscalização federal limitada.** Sem a MSoja, os mecanismos federais de fiscalização seriam a intervenção primária contra o desmatamento na cadeia de abastecimento da soja. O órgão de proteção ambiental brasileiro, o Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (Ibama), usa dados de satélite e faz visitas de campo para aplicar multas e embargar atividades econômicas das propriedades rurais que desmatam ilegalmente. O número de propriedades embargadas identificadas mais que triplicou nos últimos cinco anos (MS). Porém, a cada ano, milhares de casos de desmatamento ocorrem na Amazônia brasileira numa área que abrange 550 milhões de hectares de florestas, o que dificulta a fiscalização das exigências do acordo (11). Até maio de 2014, aproximadamente metade das propriedades que apresentaram desmatamento  $\geq 25$  hectares entre 2009 e 2013 – a maior parte ilegal – não haviam sido embargadas (tabelas S6 e S7). O monitoramento pelo governo das propriedades embargadas é limitado. Em alguns casos, a produção continuou nas áreas embargadas e foi transferida para outra propriedade não embargada ou para outro fazendeiro, para ser vendida, ao que se chama de “lavagem”. Para mais da metade das propriedades embargadas, as informações do produtor com embargo não corresponderam àquelas contidas no CAR. Como as tradings de soja e outros usam o CAR para identificar os embargos, essas inconsistências dificultam evitar transações com propriedades embargadas (MS).

Os mecanismos de fiscalização das leis federais ainda não são substitutos efi-

*“Os mecanismos de fiscalização das leis federais ainda não são substitutos eficazes da MSoja em curto prazo.”*

cazes da MSoja em curto prazo. Isso porque não há uma maneira simples de identificar propriedades que estejam em conformidade com o Código Florestal. Mudanças recentes no Código Florestal criaram as Cotas de Reserva Ambiental (CRA) – sistemas de comércio que permitem que os proprietários de terra comprem CRA de outras propriedades e, assim, compensem os déficits de RL acumulados por desmatamento ilegal antes de 2008 (1). Ainda não há um sistema estabelecido para monitorar esta compensação da RL das propriedades. A fiscalização das exigências da MSoja é mais efetiva porque todo desmatamento para produção de soja é proibido. Dos regimes de políticas e fiscalização existentes, somente a MSoja permite que os compradores garantam que as cadeias de abastecimento fiquem livres de desmatamento nos próximos anos. Em longo prazo, elementos dos sistemas de monitoramento da MSoja e do Código Florestal poderiam ser combinados para satisfazer as demandas do mercado por informações. Porém, mesmo com o eventual pleno cumprimento do Código Florestal, o desmatamento legal está suscetível a entrar na cadeia de abastecimento de soja sem o auxílio da MSoja (1).

**Cerrado vulnerável.** Estimamos que no bioma Amazônia hajam 14,2 Mha de florestas tropicais desprotegidas consideradas apropriadas para a produção de soja, e até 2 Mha destas florestas poderiam ser desmatadas legalmente respeitando o Código Florestal (MS e figura S3). Estas florestas estariam vulneráveis à expansão da soja sem a MSoja. Porém, a área de terras elegíveis previamente desmatadas e apropriadas ao cultivo de soja é mais de seis vezes a área plantada em 2014, indicando que é possível expandir respeitando a MSoja (tabela S8) (12).

No bioma Cerrado, mais de 20 Mha de vegetação nativa são considerados apropriados para a expansão do cultivo de soja, e até 11 Mha destas terras poderiam ser convertidos legalmente respeitando o Código Florestal. Grandes áreas de terras já desmatadas também são consideradas apropriadas para produção de soja (42,5 Mha) no Cerrado, o que seria suficiente para triplicar a produção atual do grão. Porém, estas terras não estão localizadas nas regiões onde tem ocorrido mais rápida expansão recente da soja para áreas de vegetação nativa. Na região da Mapiitoba, por exemplo, há menos de 2 Mha de terras desmatadas considerados apropriados para produção do grão (fig. S3). Se a expansão da produção em grande escala continuar em Mapiitoba, a vegetação natural remanescente poderá se tornar altamente suscetível a conversão em plantios de soja se não forem estabelecidas salvaguardas adicionais. Expandir a MSoja poderia reduzir a conversão direta em curso da vegetação do Cerrado em cultivos de soja.

Ao proibir novos desmatamentos, a MSoja incentiva a expansão da soja para áreas já desmatadas, o que pode deslocar pastagens e indiretamente levar a mais desmatamentos. Acordos de desmatamento zero no setor pecuário, juntamente com políticas nacionais e municipais, podem parcialmente mitigar o risco de desmatamento indireto (11). Esforços contínuos para aumentar a produção nas pastagens existentes poderiam liberar mais áreas para a expansão da produção (13).

**Conclusões.** Desde o início da MSoja, em 2006, somente uma pequena parcela da expansão da soja na Amazônia brasileira ocorreu em novas áreas de desmatamento. Constatamos que é cinco vezes mais provável que os produtores de soja tenham violado o Código Florestal do que a MSoja (627 vs 115 violações) (MS). Alguns fatores são responsáveis pelo sucesso da MSoja, incluindo: i) o número limitado de compradores de soja que exercem controle considerável sobre a compra e financiamento para a soja; ii) as exigências do acordo que são simples de serem cumpridas; iii) os sistemas de monitoramento e fiscalização transparentes e simplificados; iv) os esforços simultâneos do governo brasileiro para reduzir o desmatamento; e v) a participação ativa de ONGs e órgãos governamentais (14). Os mecanismos de monitoramento e fiscalização estabelecidos pela MSoja constituem-se num modelo para expandir a governança da cadeia de abastecimento para outras regiões de produção de soja e outros commodities.

Argumentamos que o CAR e o Código Florestal ainda não são substitutos suficientes e é improvável que estejam totalmente implementados quando a MSoja expirar em 2016. Argumentamos ainda que a MSoja deve ser prorrogada e fortalecida no bioma Amazônia expandindo-se o monitoramento e excluindo-se todo o desmatamento das propriedades produtoras de soja, incluindo pequenos desmatamentos e aqueles em terras indígenas e assentamentos rurais, onde a produção de soja tem se expandido (MS). A MSoja também deveria ser expandida para incluir o Cerrado, a fim de reduzir a conversão da vegetação nativa remanescente no bioma.

## Referências bibliográficas e notas

1. B. Soares-Filho et al., *Science* 344, 363 (2014).
2. Brazilian Vegetable Oil Industries Association, “New agenda for soybeans in the Amazon biome” (ABIOVE, São Paulo, 2014); [www.abiove.com.br](http://www.abiove.com.br).
3. United Nations, New York Declaration on Forests (UN, New York, 2014); <http://bit.ly/1KmeuRW>.
4. D.C. Morton et al., *Proc. Natl. Acad. Sci. U.S.A.* 103, 14637 (2006).
5. M.N. Macedo et al., *Proc. Natl. Acad. Sci. U.S.A.* 109, 1341 (2012).
6. B.F.T. Rudorff et al., *Remote Sens.* 3, 185 (2011).
7. G.F. Rocha et al., *Rev. Bras. Cartogr.* 63, 341 (2011).
8. A.A. Azevedo et al., *Boletim Amazônia em Pauta* 3, 1 (IPAM, Brasília, 2014); <http://bit.ly/17j4REK>.
9. R. Rajão et al., *Public Adm. Dev.* 32, 229 (2012).
10. In Pará, one-third of this was in INCRA settlements.
11. J. Börner et al., *Glob. Environ. Change* 29, 294 (2014).
12. E.F. Lambin et al., *Glob. Environ. Change* 23, 892 (2013).
13. B.B. Strassburg et al., *Glob. Environ. Change* 28, 84 (2014).
14. D. Nepstad et al., *Science* 344, 1118 (2014).

## Agradecimentos

Veja MS para agradecimentos e financiamento

## Material suplementar para a moratória da soja no Brasil

### Texto suplementar

#### S§1 Contexto da Moratória da Soja (MSoja) e políticas ambientais relacionadas

Em 2006, protestos públicos contra o terminal portuário da empresa Cargill para escoamento de soja em Santarém e uma publicação provocativa do Greenpeace (15) chamaram a atenção internacional para o desmatamento associado à produção de soja na Amazônia brasileira. Em resposta ao risco reputacional que esta atenção representa para a indústria de soja, a Associação Brasileira de Indústrias de Óleos Vegetais (Abiove) e a Associação Nacional dos Exportadores de Cereais no Brasil (Anec), que juntas compram 90% da soja produzida na Amazônia, assinaram um acordo de desmatamento zero da MSoja se comprometendo a não mais comprar soja produzida em terras desmatadas no bioma Amazônia após julho de 2006. A MSoja opera como uma política de "exclusão do mercado" (16), isto é, os produtores que a desrespeitarem perdem o acesso ao mercado. Contudo, nem tradings, nem produtores recebem qualquer benefício no que se refere ao preço por cumprir o acordo. Os produtores de soja na Amazônia brasileira também dependem muito das tradings para financiarem sua produção. Por essa razão, esses produtores possuem fortes incentivos para cumprir a MSoja (17).

A MSoja foi elaborada em cooperação com vários grupos ambientais importantes e resultou na formação do Grupo de Trabalho da Soja (GTS), responsável por supervisionar a implementação e monitoramento do acordo. O governo brasileiro se envolveu na MSoja em 2008, quando o Ministério do Meio Ambiente (MMA) oficialmente se associou ao GTS e o Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (Inpe) foi chamado para liderar os esforços de monitoramento para identificar os locais onde havia cultivo de soja em terras desmatadas depois da data estabelecida (17). Membros do GTS, inclusive da indústria, das ONGs e do governo, compartilham um interesse mútuo no sucesso da MSoja, embora a participação do governo e das ONGs tenha sido criticada como apoio implícito à agricultura em larga escala e não a estratégias alternativas de uso da terra (18).

A MSoja tem sido renovada anualmente seguindo o acordo inicial de dois anos (2006-2008). A renovação mais recente, anunciada em novembro de 2014, é para 18 meses e terminará em maio de 2016. A última renovação do acordo da MSoja destaca mudanças importantes nos termos originais, que correspondem com aquilo que a Abiove se refere como "uma agenda nova" para a produção da soja no bioma Amazônia brasileiro (2). A mais importante destas mudanças foi a mudança da data-limite para o desmatamento de áreas de produção de soja de julho de 2006 para julho de 2008, para corresponder à data-limite do Código Florestal para déficits de RL que podem ser compensados fora das propriedades (1,19). Após o término previsto da MSoja em maio de 2016, a Abiove pretende promover o CAR nos principais municípios produtores de soja a fim de encorajar melhores práticas agrícolas e desenvolver um mecanismo de compensação para produtores que mantenham áreas florestadas em suas propriedades (19).

O monitoramento anual para a MSoja utiliza o Sistema de Monitoramento do Desmatamento na região amazônica brasileira, o Prodes (20). O primeiro passo é identificar grandes eventos de desmatamento ( $\geq 25$  ha) nos municípios monitorados. Clareiras pequenas são agregadas ao longo dos anos, de modo que o desmatamento acumulado pode eventualmente atingir o limiar para monitoramento de 25 hectares (21). Séries temporais de imagens de satélite do sensor Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer (MODIS), da NASA, são então usadas para determinar o uso da terra após desmatamento em áreas de desmatamento recente (6, 21, 22). As áreas onde são identificados cultivos são investigadas por meio de imagens de alta resolução Landsat e Resourcesat e, por último, são analisadas por um avião para confirmar a presença do cultivo de soja. Visitas de campo para verificar a presença de plantios de soja foram realizadas nos anos iniciais da MSoja. Se um descumprimento da MSoja for confirmado, a propriedade é incluída na "lista negra" mantida pelo GTS, que é verificada pelos tradings de soja antes da compra.

Embora o âmbito de aplicação da MSoja inclua toda a Amazônia brasileira, o sistema de monitoramento é restrito a municípios nos Estados de Mato Grosso, Pará e Rondônia com pelo menos 5 mil hectares de soja plantada no ano corrente ou no ano anterior ou previstos para serem plantados no ano posterior. Excluímos do monitoramento áreas protegidas, territórios indígenas e assentamentos rurais do Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária (Incra). O GTS estima que esteja monitorando 97% da produção de soja no bioma Amazônia (21).

A criação da MSoja coincidiu com o surgimento de novas políticas ambientais federais que abrangem o bioma amazônico brasileiro e outras regiões de produção de soja (14). Estudos recentes do impacto das políticas enfatizam a importância de múltiplos fatores para a redução recente do desmatamento na Amazônia, incluindo mudanças nos preços e rentabilidade de commodities agrícolas (23). Por exemplo, pesquisas anteriores apontam mudanças na dinâmica do desmatamento em resposta à expansão do sistema de áreas protegidas (24), a restrições econômicas dos municípios que fazem parte da "lista negra" (25), à melhoria da fiscalização do desmatamento ilegal (11, 25) e à MSoja (5).

## **Materiais e Métodos**

### S§2.1. Rastreamento da área de expansão da soja nos biomas Amazônia e Cerrado

Utilizamos duas bases de dados MODIS de satélite para rastrear a área e a localização da expansão anual da soja nos biomas Amazônia (dados de 2001 a 2014) e Cerrado (dados de 2001 a 2013) (fig. S1). Para o bioma Amazônia, usamos dados da expansão da soja para os anos-safra 2000/2001 – 2013/2014, baseados em imagens MODIS (26), de acordo com Rudorff et al. (6, 22) e Risso (28). Concentramos a análise em 88 municípios do bioma Amazônia com pelo menos mil hectares de produção de soja em três Estados: Mato Grosso, Pará e Rondônia (fig. S2). O GTS monitora somente os municípios com mais de 5 mil hectares de plantios de soja, porém nossa análise também considerou as novas fronteiras de expansão do grão. Para as análises em nível de propriedade descritas abaixo incluímos somente os 69 municípios de Mato Grosso.

Para estimar a expansão anual de terra cultivada no bioma Cerrado, analisamos o produto (MOD13Q1) (29, 30) do Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI), do sensor MODIS, com composição de 16 dias, em resolução espacial de 250m. A abordagem da classificação identificou grandes áreas ( $\geq 1$  km<sup>2</sup>) de produção mecanizada com base em métricas fenológicas anuais nas estações seca e chuvosa como em estudos anteriores (4, 5, 30). Sete métricas fenológicas e uma métrica da cobertura arbórea por ano foram produzidas: anual (ano  $n - 1$ ; DOY 273-ano  $n$ : DOY 272) média, desvio padrão; estação seca (ano  $n$ : DOY 113-273) média, máxima, mínima, desvio padrão; estação chuvosa (ano  $n - 1$ : DOY 273-ano  $n$ : DOY 112) desvio padrão; e percentual de cobertura arbórea. Um método de identificação temporal de 2 anos foi usado para minimizar possível identificação falsa de soja.

Dados de treinamento para o classificador da árvore de decisão foram baseados em conhecimento especializado da região de estudo. Números iguais de pixels de terra cultivada e terra não cultivada foram digitalizados para produzir um agrupamento extenso de dados de treinamento. O classificador da árvore de decisão (31, 32) foi desenvolvido com dados de treinamento de 2012 a 2013. Classes de terra cultivada e terra não cultivada foram separadas com base nas métricas fenológicas do MODIS, percentual de cobertura arbórea e inclinação e elevação derivadas da Missão Topográfica Radar Shuttle (acrônimo em inglês SRTM) (33-35).

As informações temporais e espaciais foram usadas para filtrar os resultados de classificação para o Cerrado. As novas áreas de terra cultivadas ficaram limitadas a porções grandes ( $\geq 1$  km<sup>2</sup>), que foram classificadas como terras plantadas em pelo menos dois anos sucessivos durante 2001 e 2013. A classificação dessas terras foi confirmada usando-se 1.372 fotos aéreas do Inpe tiradas em 2007 (36), 317 pontos de controle em terra para o ano de 2010 (5) e mais 904 (2010) e 702 (2011) pontos de controle adicionais (37). As fotos aéreas e terrestres foram interpretadas visualmente para identificar as áreas de cultivo, e validadas de acordo com a classificação de terras cultivadas. A precisão geral deste estudo variou de 76% (TerraClass 2010) a 94% (fotos aéreas do Inpe).

Como se pode observar, nossa análise para o bioma Cerrado mapeou a produção agrícola em grande escala como um todo e não somente os plantios de soja. Contudo, assumimos que a maior parte das terras cultivadas

sejam de soja porque as abordagens de classificação tiveram como alvo o período do ano de crescimento da soja. Em grande parte da região produtora de soja na Amazônia e no Cerrado, há duas e, às vezes, até três safras anuais, mas em praticamente todos os casos uma é de soja. A soja é, de longe, a cultura agrícola de lucratividade mais segura produzida em grande escala; assim, a maioria dos produtores produz somente soja durante a "estação" da soja (aproximadamente de setembro a janeiro, com variações entre as regiões). Além disso, é improvável que os silos comerciais aceitem outros produtos além de soja no início do ano, o que desencoraja a produção de outras culturas. O algodão é o único grande produto cultivado mais ou menos no mesmo período que a soja no Cerrado. Porém, o algodão normalmente é plantado 30 a 60 dias depois da soja, por causa das diferentes datas de término dos períodos de "vazio sanitário" obrigatórios para as duas culturas. Nas regiões onde tipicamente há somente uma safra por ano, a soja faz parte da maioria dos sistemas de rotação interanual nas grandes escalas que a nossa análise abrangeu.

Utilizamos mapas de desmatamento anual para a Amazônia e o Cerrado a fim de identificar o ano do desmatamento nas áreas de expansão da soja. Determinamos como "expansão da soja" para um dado ano somente as áreas que foram classificadas como soja pela primeira vez naquele mesmo ano, e não em algum ano de estudo anterior. Definimos como "desmatamento para soja" a expansão da soja numa área de floresta ou cerrado que foi desmatada nos três anos anteriores. É pouco provável que estas áreas tenham sido parte de outro sistema de produção, dado o calendário das atividades de desmatamento e os cronogramas de plantios. Os dados do Prodes para a Amazônia brasileira fornecem estimativas anuais de desmatamento primário >6,25 hectares desde 2001 e de desmatamento cumulativo entre 1988 e 2000 (20). Dados de desmatamento do Laboratório de Processamento de Imagens e Geoprocessamento (Lapig) para o bioma Cerrado começam em 2003, com estimativas anuais de novos desmatamentos  $\geq 25$  hectares (38). O desmatamento cumulativo no Cerrado antes de 2003 foi estimado usando-se dados de cobertura do solo do Projeto de Conservação e Utilização Sustentável da Diversidade Biológica Brasileira (Probio) (39). Em alguns casos, a área de expansão da soja não se sobrepôs às áreas desmatadas. As áreas de discordância entre mapas anuais de soja e áreas desmatadas para o Cerrado (9%) e Amazônia (2%) foram excluídas da análise de expansão anual da soja.

### S§2.2 Expansão da soja no bioma Cerrado

Quando comparamos a atenção nacional e internacional dada às taxas de desmatamento na Amazônia brasileira verificamos que poucos esforços são empreendidos para reduzir o desmatamento no Cerrado (7). Por exemplo, o governo brasileiro ainda não faz monitoramento de rotina no Cerrado como faz na Amazônia. Desde os anos 1970, o Cerrado é um dos ecossistemas no mundo que tem sido mais rapidamente convertido, impulsionado principalmente pela expansão agrícola e de pastagens (40). Quase 60 mil km<sup>2</sup> de cerrado foram desmatados para expansão agrícola desde 2003 (7), e estimamos que 21% destas terras sejam agora usadas para a produção de soja. Além disso, 74% dos novos plantios de soja ocorridos entre 2010 e 2013 dentro da nossa área de estudo na Amazônia e no Cerrado estavam localizados no Cerrado, e 36% destes ocorreram somente em Mapitoba. Parte desta expansão poderia ser um mecanismo de fuga em resposta à Msoja, contudo são necessárias mais pesquisas para avaliar o impacto da Msoja e outras políticas da Amazônia na expansão da soja no Cerrado. As perdas aceleradas de vegetação no Cerrado nos últimos anos ameaçam a enorme biodiversidade do bioma (41, 42), seu papel nos ciclos hidrológicos e sua importância como sumidouro de carbono (43), bem como suas interações com a floresta amazônica. Além disso, 65% da vegetação nativa do Cerrado se enquadram na definição de florestas estabelecida pelo governo brasileiro (áreas >0,5 hectares com árvores > 5 metros de altura e um dossel florestal de mais de 10%) (44). Em Mapitoba, 81% da vegetação de cerrado restantes satisfazem estes critérios.

### S§2.3. Análise de propriedades registradas

Combinamos dados de desmatamento do Prodes com o banco de dados das propriedades registradas para estimar a parcela de desmatamento na Amazônia em 2014 ocorrida nas diferentes categorias de terra em Mato Grosso e no Pará. Os limites das propriedades foram obtidos nas bases de dados do CAR e da LAU (Licença Ambiental Única), administradas pelas Secretarias de Estado do Meio Ambiente (Sema) do Mato Grosso e Pará

(dados acessados em 03/2014 e 11/2014, respectivamente; 45, 46). Estas bases de dados incluem os limites georreferenciados das propriedades rurais, bem como as Áreas de Preservação Permanente (APP) e RLs existentes. No ato do registro das propriedades os dados são informados pelo declarante, sem a necessidade de documentos de comprovação. Eles são verificados pelo órgão estadual ambiental somente depois que inicia o processo de emissão do CAR. Desde o seu início em 2009 até o momento, o sistema estadual do CAR de Mato Grosso exigia que um técnico licenciado apresentasse os limites iniciais georreferenciados da propriedade ao fazer o registro. Entretanto, o Sistema Nacional de Cadastro Ambiental Rural (Sicar) federal, estabelecido no Código Florestal de 2012, não exige nem técnico, nem especialista para determinar os limites da propriedade. É importante notar que obter o registro da propriedade não é a mesma coisa que obter um título legal da terra, e reivindicações conflitantes podem existir.

Para estimar a parcela de desmatamento em 2014 ocorrida nas propriedades registradas, usamos a data de registro nas bases de dados do CAR e da LAU para identificar aquelas propriedades registradas no início do ano 2014 do Prodes (8/2013). No Pará, a data do registro na base de dados do CAR é a mesma em que o proprietário inseriu suas informações no sistema. Porém, no sistema de Mato Grosso, só é fornecida a data de quando o CAR ou a LAU foi emitida pela Sema, que é uma decisão administrativa não ligada à decisão do proprietário. Atrasos de meses e até de anos entre a solicitação e a emissão do CAR e da LAU têm sido comuns em Mato Grosso. Assumimos que todas as propriedades na base de dados do sistema de Mato Grosso tenham iniciado o processo de registro antes de agosto de 2013, o início do ano 2014 do Prodes (03/12/2013 foi a data mais recente da emissão do CAR na base de dados). Estimamos que em 2014, 52.672 hectares foram desmatados em propriedades registradas no CAR no Pará, dos quais 18.272 hectares ocorreram em assentamentos do Incra cadastrados (26.165 hectares dentro de RLs). Já em Mato Grosso, no mesmo ano, foram registrados 23.546 hectares desmatados em propriedades cadastradas no CAR (11.632 hectares dentro de RLs). Nossas estimativas são conservadoras porque excluímos propriedades registradas durante o ano calendário do desmatamento do Prodes por não podermos determinar se o desmatamento ocorreu antes ou depois do registro.

Para a análise das propriedades produtoras de soja, também usamos informações dos limites da propriedade obtidos na base de dados do Certificado de Cadastro de Imóvel Rural (CCIR), do Incra (dados acessados em 07/2014, 47). Consideramos como "propriedade registrada" as cadastradas nos sistemas do CAR e da LAU. Como "propriedade mapeada", consideramos aquelas para as quais possuíamos dados de limites e eram cadastradas no CAR, LAU e Incra. Aproximadamente 65% da área plantada com soja entre 2007 e 2014 na porção de bioma Amazônia em Mato Grosso estavam registradas. Ao adicionar os dados do CCIR (do Incra) aos do CAR e da LAU, foi possível mapear os limites das propriedades para 74% da soja produzida na região amazônica de Mato Grosso (fig. S3).

Nós padronizamos as bases de dados públicas de limites de propriedades para Mato Grosso a fim de criar uma única base de dados e lidar com o problema de sobreposição entre propriedades. As propriedades que apresentavam sobreposição nas bases de dados individuais eram relativamente raras (10,6% das propriedades do CAR-MT e 0,9% do LAU-MT tinham sobreposições >5% da área da propriedade). Na maioria dos casos, as sobreposições eram entre os limites das propriedades. Nossa base de dados final para Mato Grosso consistiu de 26.894 propriedades registradas e priorizou o CAR e a LAU porque estávamos mais interessados em rastrear estas propriedades registradas.

#### S§2.4 Desmatamento ao nível de propriedades e cobertura florestal no bioma Amazônia de Mato Grosso

O desmatamento direto para produção da soja caiu bruscamente depois da MSoja (tabela S1). Entretanto, 627 propriedades produtoras de soja em Mato Grosso desmataram ilegalmente, mas não plantaram soja na terra desmatada, respeitando, assim, a MSoja (tabela S4). Esta estimativa excluiu casos de desmatamento legal (36 propriedades com  $\geq 80\%$  de cobertura florestal), casos de intervalo > 3 anos entre o desmatamento e o cultivo (111 propriedades) e casos em que os produtores proprietários já poderiam ter feito a compensação pelo desmatamento ocorrido antes de 2008 (77 propriedades). É importante notar que as violações à MSoja reportadas pela equipe de monitoramento ocorreram no bioma Amazônia, enquanto que as violações ao Código Florestal identificadas em propriedades produtoras de soja ocorreram somente em MT. Consequentemente, a estimativa que as propriedades

produtoras de soja estariam cinco vezes mais propensas a violarem o Código Florestal do que a MSoja pode ser conservadora.

Estimamos a área de floresta primária remanescente nas propriedades usando o Prodes (20) e a área de floresta secundária remanescente usando o TerraClass (37) tanto para as propriedades produtoras de soja como para as não produtoras dentro da área de estudo. Em geral, as propriedades produtoras de soja têm menos floresta remanescente do que as propriedades vizinhas (tabela S5). Em média, as propriedades produtoras de soja mapeadas mantinham 28% da sua área como floresta e somente 2% destas propriedades mantinham  $\geq 80\%$  de floresta remanescente conforme exige o Código Florestal. Quando se incluem áreas de floresta primárias e secundárias, quase 4% das propriedades produtoras de soja tinham  $\geq 80\%$  em comparação com 18% das propriedades que não produzem soja nos mesmos municípios. Não foi possível avaliar a porcentagem de floresta remanescente nas propriedades que representam 26% da área com soja que não estão mapeadas no CAR, LAU e Inkra.

### S§2.5 Análise dos embargos por desmatamento ilegal

Taxas de penalidade foram avaliadas usando-se eventos de desmatamento ocorridos de 2007 a 2013 e a base de dados espacial do Ibama de áreas embargadas (dados acessados em 05/2014), 48). Agregamos polígonos adjacentes do Prodes anualmente entre 2007 e 2013 para identificar eventos de desmatamento  $\geq 25$  hectares. As descrições das infrações na base de dados do Ibama foram usadas para identificar 2.988 embargos em Mato Grosso relacionados ao desmatamento da floresta amazônica.

Estimamos a parcela de todo o desmatamento que foi embargada, bem como especificamente o desmatamento nas propriedades registradas. Para as estimativas dos embargos em todo o desmatamento, contabilizamos um evento de desmatamento como embargado se 10% da área embargada estivesse dentro do polígono de área desmatada. Também mostramos evidências de toda sobreposição  $\geq 1\%$  entre as áreas de embargo e desmatamento (tabela S6). Em alguns casos, a base de dados de embargos do Ibama apresentou somente informações limitadas de área. Aproximadamente 75% das infrações ou tinham um polígono completo, ou localização com informações na tabela de atributos. Para as infrações para as quais foram fornecidos somente um ponto geográfico e uma área associada, criamos um círculo em volta do ponto igual em tamanho à área embargada. Os 25% restantes consistiram em uma localização sem informações da área. Dessa forma, é possível que tenhamos subestimado sobreposições entre estes embargos com informação apenas da localização e eventos de desmatamento por causa da falta de informações.

Enfatizamos um subconjunto destes resultados focados nas propriedades registradas no texto principal, dadas estas complicações com a base de dados de embargos. Esta abordagem mais conservadora considera de forma mais apropriada toda a informação dos embargos, incluindo os pontos sem informações de área, porque a localização do ponto pode ficar em qualquer lugar na propriedade e não somente na área desmatada (tabela S7).

É possível que uma pequena parte dos eventos de desmatamento tenha sido legal e não sujeito a embargo. Por exemplo, estimamos que aproximadamente 9% das propriedades registradas em Mato Grosso com desmatamento em 2014 possam ter as RLs exigidas para permitir que seja realizado mais desmatamento de forma legal. As infrações podem ser removidas da base de dados de embargo quando a multa associada é paga. Todavia, menos de 2% das multas ambientais dos US\$ 6 bilhões em multas emitidas pelo Ibama de 2009 a 2013 foram pagas, por isso, pouquíssimas propriedades saíram da lista (49). Os embargos também podem ser adicionados depois do desmatamento, assim, o percentual de desmatamento de um certo ano que é penalizado pode aumentar ao longo do tempo.

Somente a consulta à lista de embargos não é suficiente para evitar a compra de produtos de propriedades embargadas. Comparamos os números de identificação do produtor nas bases de dados de propriedades do CAR e LAU com o mapa do Ibama de áreas embargadas na parte de bioma Amazônia em Mato Grosso. Havia um total de 4.181 embargos nesta parte do estado e 1.582 nas propriedades do CAR ou da LAU. Das 1.198 propriedades registradas com  $\geq 10\%$  de um polígono embargado, em 619 (52%) as informações do produtor correspondiam. Quando restringimos a comparação aos casos em que pelo menos 90% do embargo tinha sobreposição com a propriedade, em 60% (486/806) as informações do proprietário correspondiam. As informações do proprietário podem mudar seja pela venda da propriedade, transferência de posse para familiares ou outras razões. O Ibama

também pode atribuir embargos a outros indivíduos além do proprietário, tal como o gerente da propriedade. Estas inconsistências representam outro obstáculo na busca por uma cadeia de abastecimento livre de desmatamento na ausência da MSoja (12% e 14% das propriedades produtoras de soja, respectivamente em Mato Grosso e no Pará, têm embargos).

## S§2.6. Terra adequada para a expansão da soja nos biomas Amazônia e Cerrado

Estimamos a área de terra com floresta e cerrado e aquelas previamente desmatadas adequadas à produção de soja usando os dados de aptidão de Soares-Filho et al (1). Os mapas de aptidão consideraram inclinação (33), solos e informação sobre zoneamento do clima para os atuais cultivares de soja (50) baseada no equilíbrio hidrológico e normais térmicas a partir do processamento das bases de dados de WorldClim e Climond (51, 52). Os pesos de evidência foram derivados por tabulação cruzada do mapa de aptidão com mapas da produção corrente de soja com escala de valores de 0 a 100. As células com resultado de 65 ou mais foram consideradas adequadas.

As terras consideradas adequadas foram ainda mais restritas seguindo-se os métodos de Soares-Filho et al. (1) a fim de excluirmos áreas protegidas e indígenas, áreas urbanas, estradas, corpos d'água e áreas já plantadas com soja. Para quantificar a terra adequada disponível em áreas desmatadas e com vegetação, sobrepusimos o mapa de aptidão aos mapas de desmatamento para a Amazônia e o Cerrado. Para o bioma Amazônia, usamos o Prodes para identificar o desmatamento (20), bem como o TerraClass para modificar o Prodes identificando áreas desmatadas que regeneraram como vegetação secundária (37). Para o bioma Cerrado, juntamos as áreas desmatadas identificadas no mapa de cobertura do solo do Probio 2002 (39) e a base de dados de desmatamento do Projeto de Monitoramento do Desmatamento dos Biomas Brasileiros por Satélite (PMDBBS) do Ibama (53) (fig. S4, tabela S8).

A maior parte da área de floresta primária não protegida no bioma Amazônia foi classificada como inadequada para a expansão da soja (91,2%). Encontraram-se mais terras adequadas em Mato Grosso e Rondônia, com 42% e 32% respectivamente da sua floresta primária remanescente em áreas potencialmente adequadas para o cultivo de soja. Porém, é importante notar que somente uma parcela relativamente pequena destas regiões de floresta adequadas poderiam ser desmatada respeitando-se o Código Florestal.

No bioma Cerrado, havia 42,5 Mha de terras desmatadas adequadas para a produção de soja, que é suficiente para mais do que triplicar a área plantada com soja atualmente (~13 Mha). Porém, na região de Mapitoba, havia somente 1,9 Mha de terra adequada já desmatada. Dado que a soja se expandiu em 1,4 Mha em Mapitoba entre 2007 e 2013, é possível que haja escassez de terra adequada desmatada futuramente na região. Esta escassez em Mapitoba aumenta a probabilidade de a soja expandir-se 3,6 Mha para as áreas adequadas com vegetação natural da região.

As exigências de reserva legal estabelecidas pelo Código Florestal brasileiro poderiam restringir ainda mais as áreas de terra adequada que poderiam ser convertidas para produção de soja nos biomas Amazônia e Cerrado. Com base nos dados e métodos desenvolvidos por Soares-Filho et al. (1), aproximamos a área de terras adequadas com vegetação nativa para cada microbacia hidrográfica da 12ª ordem que poderia ser legalmente desmatada nos biomas Amazônia e Cerrado brasileiros. Criamos mapas de áreas potencialmente cobertas com vegetação (excluindo corpos de água, estradas, ferrovias, áreas urbanas, áreas protegidas e áreas indígenas), áreas de vegetação remanescente em 2014 e áreas adequadas para a expansão da soja, em resolução espacial de 60m. O mapa de áreas de vegetação remanescente criado por Soares-Filho et al. foi atualizado sobrepondo-se os dados de desmatamento do Prodes até o final de 2014 na Amazônia aos dados de desmatamento do Lapig até o fim de 2013 no Cerrado e removendo-se todas as áreas desmatadas recentemente. Para cada microbacia hidrográfica calculamos a área de vegetação que estava acima das exigências do Código Florestal adequada para a produção da soja. Toda a modelagem foi realizada usando-se a ferramenta Dinamica EGO. Com base nestes modelos, pode haver até 2,0 Mha de vegetação remanescente na Amazônia brasileira e 10,9 Mha no Cerrado em terras adequadas que poderiam ser legalmente desmatadas respeitando-se o Código Florestal. Estes resultados provavelmente superestimam a área real para a expansão legal da produção de soja, com base nas delimitações das propriedades privadas em cada bacia hidrográfica e na restrição de desmatamento em Áreas de Preservação Permanente (APP), bem como restrições econômicas e sociais não consideradas aqui.

Os mapas de aptidão comparam-se favoravelmente a áreas de expansão recente da produção de soja. Dados de 2001 a 2011 na região amazônica foram excluídos desta comparação porque esses dados foram usados para criar os mapas de aptidão (1). Aproximadamente 83% da expansão da soja na Amazônia entre 2012 e 2014 e 80% da expansão da soja no Cerrado entre 2001 e 2013 ocorreram nas áreas mapeadas como adequadas para a produção de soja.

### S§2.7 Custos de oportunidade para produtores que cumprem a MSoja

Uma crítica relacionada à MSoja é que esta impede os produtores de soja de desmatar terra legalmente, o que é permitido pelo Código Florestal, sem compensação por este custo de oportunidade (2, 17). Porém, somente 2% das propriedades produtoras de soja mapeadas em Mato Grosso possuem áreas de floresta que poderiam ser desmatadas legalmente. Em média, estas propriedades em Mato Grosso mantêm 28% da sua cobertura florestal original.

Os termos de compromisso mais recentes da MSoja aumentaram marginalmente a área disponível para expansão da soja alinhando a data limite para desmatamento (anteriormente julho de 2006) com a data limite para compensações fora da propriedade das RLs, estabelecida no Código Florestal (julho 2008) (279.018 ha, 3,1%, tabela S9, 1). Dada a escassez de terras florestadas que podem ser desmatadas legalmente nas propriedades produtoras de soja existentes, é provável que haja alguma expansão da produção do grão em Mato Grosso em propriedades novas com terras adequadas para a produção da soja (S§2.6). Assim, a expansão da soja por meio de desmatamento legal em propriedades novas continua a ser um custo de oportunidade importante da MSoja.

### S§2.8 Vazamentos e lacunas da Moratória

A MSoja tem sido amplamente cumprida, mas potenciais lacunas e vazamentos poderiam reduzir seu impacto no desmatamento. Por exemplo, a soja produzida em propriedades que descumpriram a MSoja poderia ser vendida por meio de uma propriedade que esteja legal ("lavagem de soja"). Os produtores também poderiam vendê-la para compradores locais ou de menor escala, que não fazem parte da MSoja, para driblar os regulamentos. Entretanto, esforços de monitoramento têm identificado muito pouca produção ilegal de soja (6, 22), o que indica que os produtores em geral não têm se aproveitado destas lacunas (21).

A produção de soja em terras recentemente desmatadas também poderia entrar na cadeia de abastecimento por meio do desmatamento em áreas não monitoradas atualmente pela MSoja, tais como os assentamentos do Incra e clareiras de menos de 25 hectares agregadas (clareiras adjacentes agregadas no período 2007-2014). Os assentamentos do Incra contêm 1,5 Mha e 0,5 Mha de terras adequadas com vegetação primária nos biomas Amazônia e Cerrado, respectivamente. Quase 26% do desmatamento detectado pelo Prodes entre 2007 e 2014 ocorreram em assentamentos do Incra nos principais estados produtores de soja na Amazônia: Mato Grosso, Pará e Rondônia. Desde o início da MSoja, mais de 130 mil hectares de expansão da soja ocorreram em assentamentos do Incra na Amazônia, aproximadamente 7% da expansão da soja total no bioma Amazônia brasileiro durante este período. Quase 5% da expansão da soja nos assentamentos do Incra desde 2007 envolveram desmatamento. Clareiras menores foram responsáveis por 17% do desmatamento da Amazônia em Mato Grosso de 2007 a 2014, mesmo assim, estas áreas foram excluídas do sistema de monitoramento da MSoja. Nas propriedades produtoras de soja, 11% da área desmatada entre 2007 e 2014 ocorreu em clareiras agregadas menores de 25 hectares. Ampliar os esforços de monitoramento da MSoja para considerar a expansão da soja nos assentamentos do Incra e áreas pequenas preencheria as lacunas e reduziria o risco de desmatamento na cadeia de abastecimento da soja.

O potencial de mudança do uso indireto da terra (da sigla em inglês ILUC) como resposta à MSoja é um assunto importante que ainda não foi quantificado. Por exemplo, o desmatamento evitado pela MSoja poderia potencialmente escapar para o bioma Cerrado à medida que a produção de soja se expande para novas regiões com menos restrições. Além disso, a expansão contínua de novos cultivos de soja em áreas anteriormente desmatadas para outros usos, tal como pastagens, pode deslocar esses pastos para áreas florestadas, levando a mais desmatamento (54, 55). Por último, o desmatamento em curso em propriedades produtoras de soja nas quais não há soja plantada poderia indicar o potencial de vazamento dentro da propriedade visto que os produtores continuam a

desmatar para outros usos não regulados pela MSoja (56). Porém, as políticas governamentais que visam reduzir o desmatamento na Amazônia já podem mitigar parte do potencial de mudança do uso indireto da terra pela expansão da soja (57). Os acordos de desmatamento zero da pecuária de 2009 e o aumento da integração soja-gado bovino também podem ajudar a reduzir potenciais deslocamentos e vazamentos a partir da MSoja. É necessário que sejam realizados mais trabalhos para avaliar a evolução e as complexas ligações temporais e espaciais entre gado, soja e outras produções agrícolas no Brasil.

### S§3 AGRADECIMENTOS

Agradecemos a B. Rudorff, J. Risso, e M. Adami pelos dados e comentários; a A. Azevedo, M. Stabile, C. Brown, R. Sarsfield, G. Allez, J. L'Roe, R. Pereira, R. Garrett, e D. Zarin V pelas discussões; e a E. Summers e M. Christie pelo processamento dos dados. Essa pesquisa foi apoiada pela Fundação Gordon e Betty Moore, Fundo Amazônia, Agência Norueguesa de Cooperação para o Desenvolvimento pelo seu Departamento para uma Sociedade Civil sob a Iniciativa Norueguesa de Clima e Florestas, Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais, Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico, e NASA.

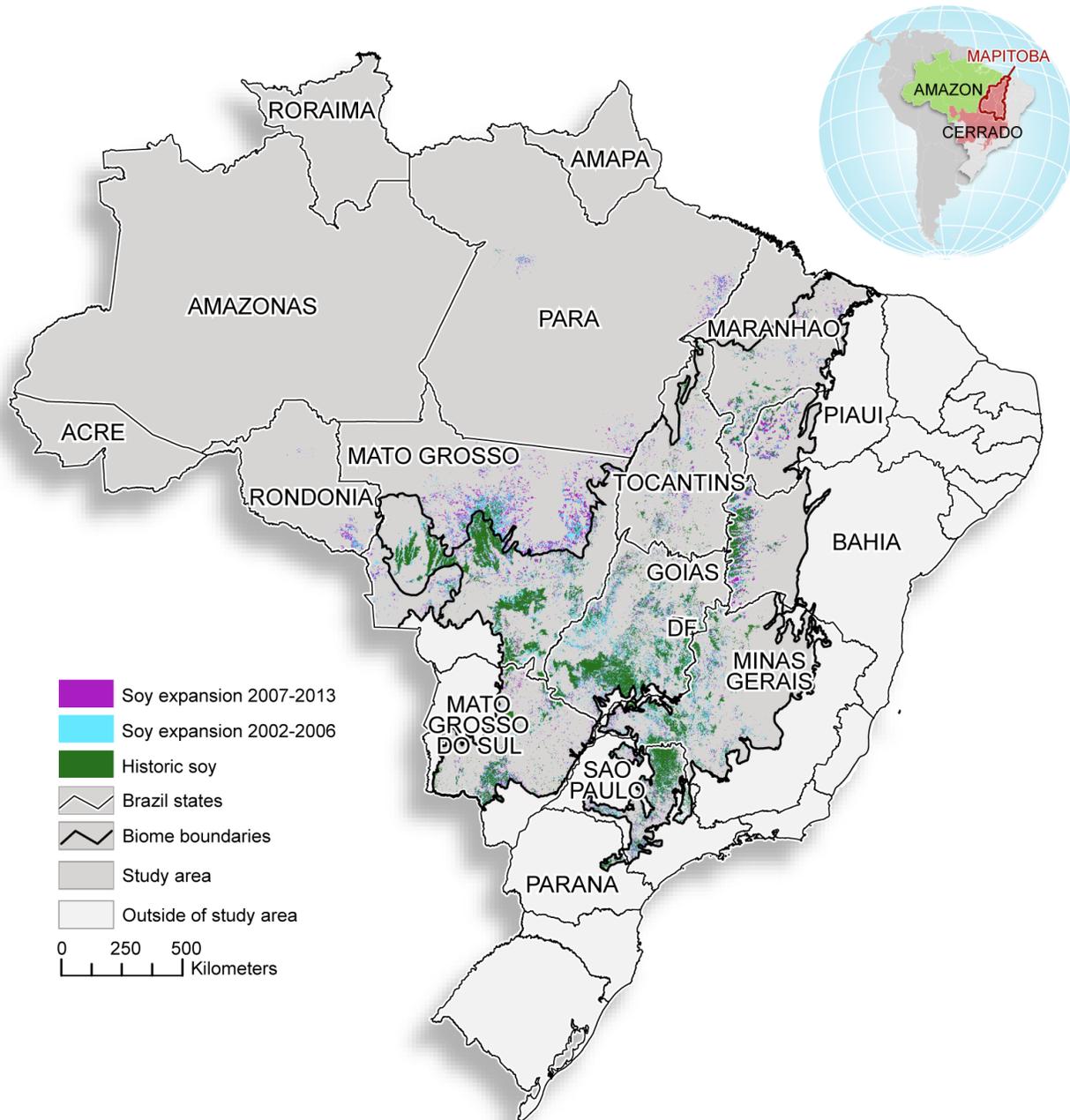


Figura S1.

**A expansão da soja nos biomas Amazônia e Cerrado (2001-2013).** A localização e a área de expansão da soja antes e depois da MSoy estabelecida em 2006 derivaram de séries temporais de dados de satélite. O período de tempo para o mapa finaliza em 2013 para permitir a comparabilidade entre os biomas (ver §2.1).

**Legenda da figura S1:**

- |                            |                             |
|----------------------------|-----------------------------|
| Expansão da soja 2007-2013 | Limites do bioma            |
| Expansão da soja 2002-2006 | Área de estudo              |
| Histórico da soja          | Área fora da área de estudo |
| Estados brasileiros        | -----Quilômetros            |

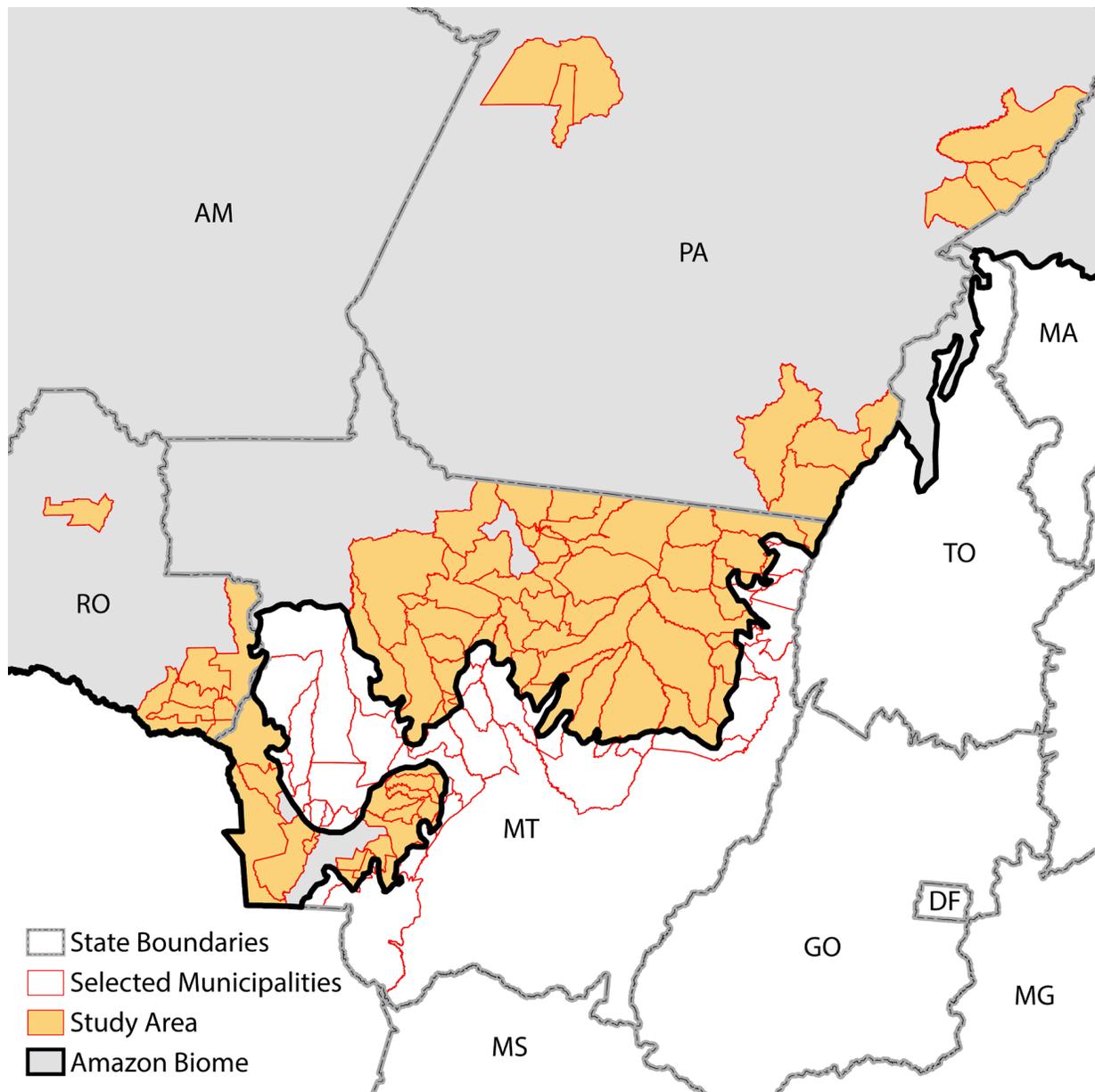


Figura S2.

Mapa da área de estudo, que incluiu os 88 municípios com mais de mil hectares de plantio de soja no bioma Amazônia brasileiro (excluiu-se a porção de Cerrado dos municípios fronteiriços). A análise no nível de propriedade incluiu somente os 69 municípios do Estado de Mato Grosso.

**Legenda da figura S2:**

- Limites estaduais
- Municípios selecionados
- Área de estudo
- Bioma Amazônia

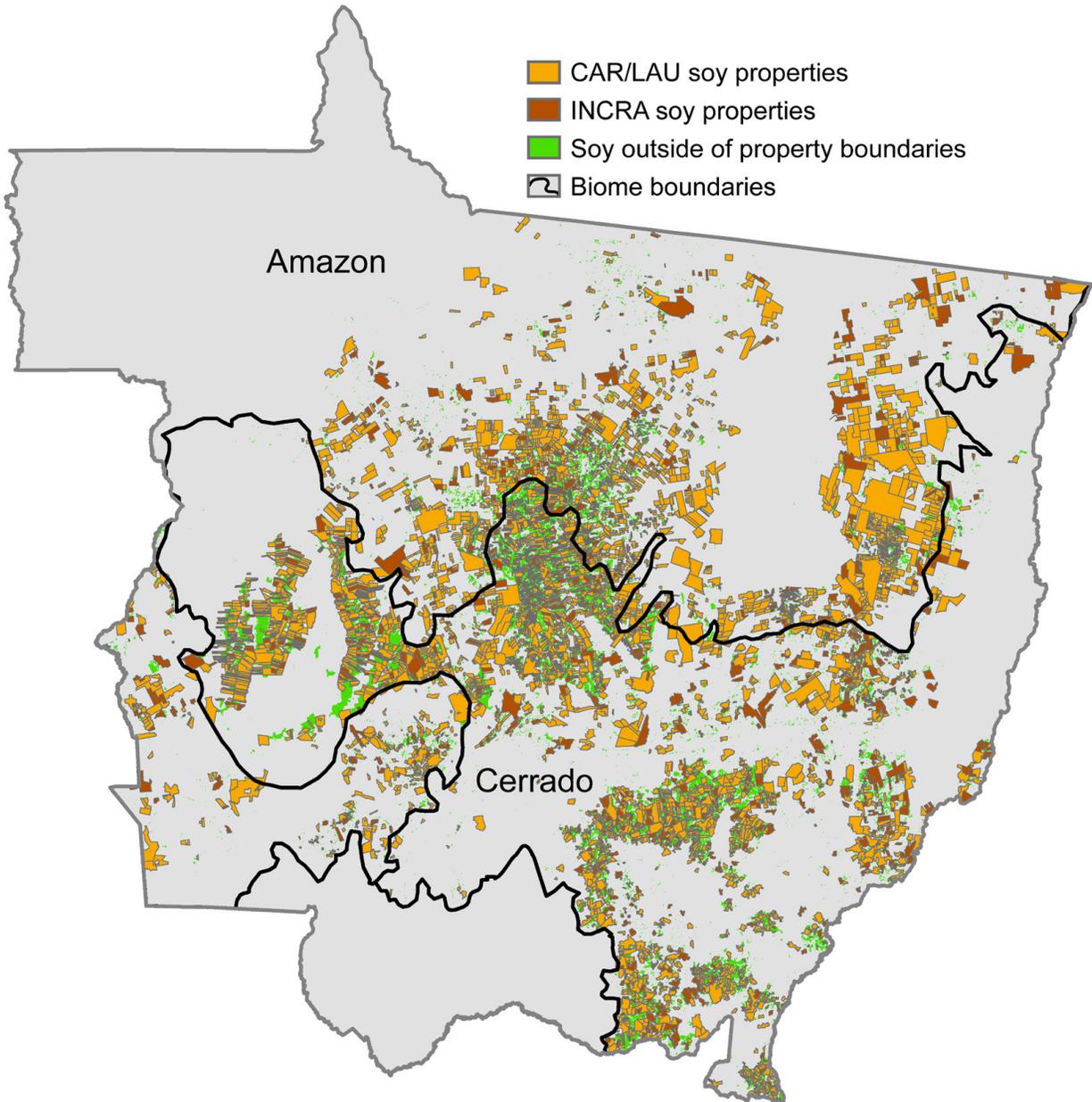


Figura S3

**Limites das propriedades e localização dos plantios de soja em Mato Grosso (2007-2014 para o bioma Amazônia e 2007-2013 para o bioma Cerrado).** Inclui os bancos de dados do CAR, LAU e do CCIR, do Inca.

**Legenda da figura S3:**

- Propriedades com CAR/LAU que plantam soja
- Propriedades na base do Inca que plantam soja
- Soja for dos limites de propriedades
- Limites do bioma

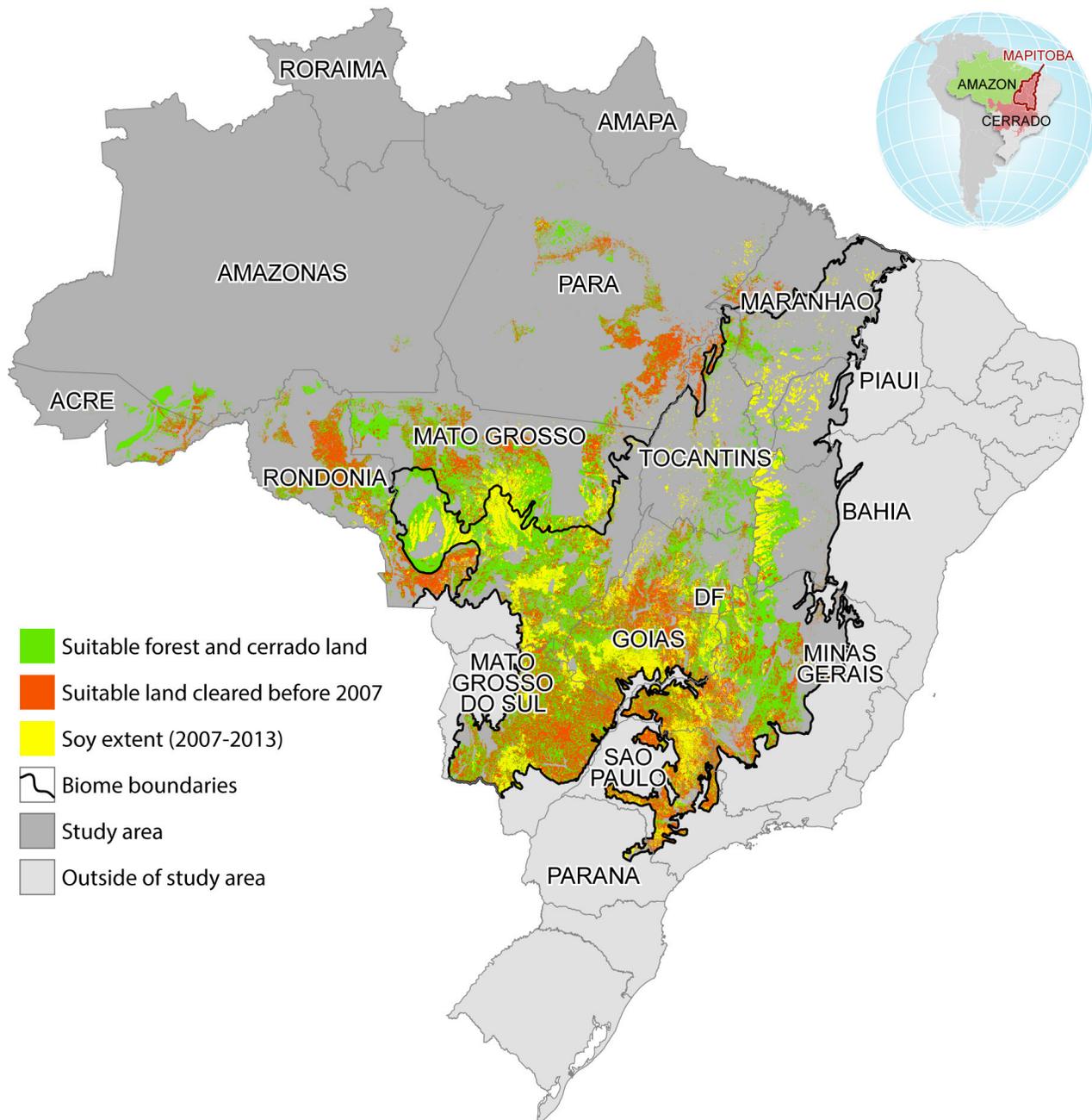


Figura S4

**Mapa de aptidão para plantio de soja para os biomas Amazônia e Cerrado, destacando a expansão potencial para áreas com vegetação nativa e para áreas anteriormente desmatadas (tabela S8).**

**Legenda do mapa S4:**

- Áreas de floresta e cerrado adequadas
- Área adequada desmatada antes de 2007
- Extensão do plantio de soja
- Limites do bioma
- Área de estudo
- Área fora da área de estudo

Tabela S1.

**Expansão da soja por meio do desmatamento direto na área de estudo do bioma Amazônia.** Desmatamento total (ha) e fração de desmatamento para produção de soja para 88 municípios com mais de mil hectares de plantios soja nos Estados de Mato Grosso, Pará e Rondônia. O desmatamento direto para produção de soja foi definido como a expansão da soja dentro de três anos do desmatamento.

Ano do desmatamento	Ano de expansão do cultivo													
	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2012-14
<b>Pré 2002</b>	92,994 (99.9)	188,862 (92.3)	175,626 (82.9)	382,177 (70.5)	133,759 (63.9)	75,495 (66.0)	110,412 (57.1)	82,072 (59.5)	70,542 (52.7)	179,967 (63.5)	119,104 (67.1)	213,291 (70.0)	257,756 (69.7)	590,151 (69.2)
<b>2002</b>	106 (0.1)	15,532 (7.6)	20,980 (9.9)	52,490 (9.7)	13,571 (6.5)	5,367 (4.7)	9,153 (4.7)	5,897 (4.3)	6,192 (4.6)	12,456 (4.4)	8,635 (4.9)	14,454 (4.7)	20,139 (5.4)	43,228 (5.1)
<b>2003</b>	-	187 (0.1)	14,928 (7.0)	69,763 (12.9)	34,869 (16.6)	10,549 (9.2)	16,550 (8.6)	10,383 (7.5)	10,109 (7.6)	22,902 (8.1)	11,171 (6.3)	18,037 (5.9)	23,398 (6.3)	52,607 (6.2)
<b>2004</b>	-	-	284 (0.1)	37,593 (6.9)	23,278 (11.1)	15,327 (13.4)	35,266 (18.2)	21,868 (15.9)	21,524 (16.1)	29,121 (10.3)	20,724 (11.7)	23,388 (7.7)	26,627 (7.2)	70,738 (8.3)
<b>2005</b>	-	-	-	448 (0.1)	3,939 (1.9)	6,258 (5.5)	14,178 (7.3)	10,896 (7.9)	17,995 (13.5)	24,209 (8.5)	8,805 (5.0)	17,943 (5.9)	21,730 (5.9)	48,477 (5.7)
<b>2006</b>	-	-	-	-	36 (0.0)	1,319 (1.2)	6,091 (3.2)	3,988 (2.9)	3,928 (2.9)	5,728 (2.0)	2,670 (1.5)	4,115 (1.3)	4,479 (1.2)	11,263 (1.3)
<b>2007</b>	-	-	-	-	-	19 (0.0)	1,573 (0.8)	1,549 (1.1)	1,552 (1.2)	2,340 (0.8)	1,484 (0.8)	3,348 (1.1)	3,242 (0.9)	8,074 (0.9)
<b>2008</b>	-	-	-	-	-	-	111 (0.1)	1,209 (0.9)	1,578 (1.2)	2,805 (1.0)	1,835 (1.0)	4,689 (1.5)	3,992 (1.1)	10,517 (1.2)
<b>2009</b>	-	-	-	-	-	-	-	2 (0.0)	302 (0.2)	2,096 (0.7)	823 (0.5)	1,350 (0.4)	1,783 (0.5)	3,956 (0.5)
<b>2010</b>	-	-	-	-	-	-	-	-	12 (0.0)	1,711 (0.6)	1,518 (0.9)	1,312 (0.4)	2,429 (0.7)	5,259 (0.6)
<b>2011</b>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	36 (0.0)	725 (0.4)	1,786 (0.6)	2,072 (0.6)	4,582 (0.5)
<b>2012</b>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	28 (0.0)	1,107 (0.4)	1,318 (0.4)	2,454 (0.3)
<b>2013</b>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	7 (0.0)	1,069 (0.3)	1,076 (0.1)
<b>3 anos anteriores</b>	-	-	-	160,294 (29.5)	62,121 (29.7)	22,922 (20.0)	21,953 (11.4)	6,747 (4.9)	3,444 (2.6)	6,648 (2.3)	3,094 (1.7)	4,213 (1.4)	4,459 (1.2)	11,765 (1.4)
<b>Pós 2006</b>	-	-	-	-	-	19 (0.0)	1,684 (0.9)	2,759 (2.0)	3,444 (2.6)	8,989 (3.2)	6,413 (3.6)	13,600 (4.5)	15,905 (4.3)	35,918 (4.2)

Tabela S2.

**Expansão da soja por meio de desmatamento direto de vegetação nativa em todo o bioma Cerrado.** Desmatamento total (ha) e fração de desmatamento para produção de soja para todo o bioma Cerrado. O desmatamento direto foi definido como a expansão da soja dentro de três anos do desmatamento.

Ano do desmatamento	Ano de expansão do cultivo											
	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2011-13
<b>Pré 2003</b>	1,530,019 (99.5)	1,445,823 (94.8)	865,860 (85.4)	711,082 (77.6)	312,741 (75.6)	484,594 (80.3)	348,207 (67.7)	185,076 (62.2)	487,418 (73.7)	393,617 (75.4)	385,447 (74.8)	1,451,558 (72.7)
<b>2003</b>	7,668 (0.5)	68,392 (4.5)	68,121 (6.7)	90,572 (9.9)	23,297 (5.6)	20,673 (3.4)	18,641 (3.6)	8,476 (2.8)	16,072 (2.4)	9,483 (1.8)	8,712 (1.7)	42,743 (2.1)
<b>2004</b>	--	10,260 (0.7)	71,521 (7.1)	<b>88,855</b> (9.7)	40,159 (9.7)	28,839 (4.8)	38,156 (7.4)	16,106 (5.4)	27,762 (4.2)	16,327 (3.1)	13,708 (2.7)	73,903 (3.7)
<b>2005</b>	--	--	8,247 (0.8)	21,536 (2.3)	19,957 (4.8)	22,092 (3.7)	25,701 (5.0)	14,363 (4.8)	11,498 (1.7)	9,168 (1.8)	6,808 (1.3)	41,838 (2.1)
<b>2006</b>	--	--	--	4,445 (0.5)	13,729 (3.3)	17,461 (2.9)	16,719 (3.3)	6,628 (2.2)	6,548 (1.0)	5,456 (1.0)	2,633 (0.5)	21,265 (1.1)
<b>2007</b>	--	--	--	--	3,813 (0.9)	25,153 (4.2)	23,014 (4.5)	15,991 (5.4)	15,292 (2.3)	9,170 (1.8)	6,614 (1.3)	47,067 (2.4)
<b>2008</b>	--	--	--	--	--	4,303 (0.7)	37,170 (7.2)	26,890 (9.0)	35,281 (5.3)	19,625 (3.8)	13,368 (2.6)	95,164 (4.8)
<b>2009</b>	--	--	--	--	--	--	6,529 (1.3)	21,883 (7.4)	25,818 (3.9)	19,249 (3.7)	7,885 (1.5)	74,835 (3.7)
<b>2010</b>	--	--	--	--	--	--	--	2,241 (0.8)	23,873 (3.6)	15,451 (3.0)	13,747 (2.7)	55,311 (2.8)
<b>2011</b>	--	--	--	--	--	--	--	--	11,389 (1.7)	19,088 (3.7)	37,130 (7.2)	67,606 (3.4)
<b>2012</b>	--	--	--	--	--	--	--	--	--	5,414 (1.0)	17,237 (3.3)	22,651 (1.1)
<b>2013</b>	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	1,689 (0.3)	1,689 (0.1)
<b>3 anos anteriores</b>	-	-	-	<b>205,408</b> (22.4)	<b>77,658</b> (18.8)	<b>69,009</b> (11.4)	<b>83,433</b> (16.2)	<b>67,005</b> (22.5)	<b>96,361</b> (14.6)	<b>59,202</b> (11.3)	<b>69,803</b> (13.6)	<b>292,370</b> (14.7)
<b>Pós 2006</b>	-	-	-		<b>3,813 (0.9)</b>	<b>29,456</b> (4.9)	<b>66,714</b> (13.0)	<b>67,005</b> (22.5)	<b>111,653</b> (16.9)	<b>87,997</b> (16.9)	<b>97,669</b> (19.0)	<b>364,324</b> (18.3)

Tabela S3.

**Expansão da soja por meio de desmatamento direto da vegetação nativa na região de Mapitoba, formada por partes dos Estados do Maranhão, Piauí, Tocantins e Bahia.** Desmatamento total (ha) e fração do desmatamento para produção de soja para o porção de Cerrado na Mapitoba. O desmatamento direto foi definido como a expansão da soja dentro de três anos do desmatamento.

Ano do desmatamento	Ano de expansão do cultivo											
	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2011-13
<b>Pré 2003</b>	176,967 (98.9)	185,135 (87.0)	147,860 (62.7)	96,401 (46.1)	41,578 (38.8)	68,920 (45.1)	92,404 (41.0)	49,102 (34.9)	66,826 (33.6)	63,611 (38.2)	56,953 (36.0)	236,492 (35.6)
<b>2003</b>	2,002 (1.1)	22,148 (10.4)	38,896 (16.5)	37,879 (18.1)	12,015 (11.2)	9,284 (6.1)	10,967 (4.9)	4,948 (3.5)	5,676 (2.9)	4,522 (2.7)	3,161 (2.0)	18,307 (2.8)
<b>2004</b>	--	5,575 (2.6)	43,724 (18.5)	56,661 (27.1)	23,699 (22.1)	18,115 (11.9)	26,024 (11.5)	11,500 (8.2)	16,915 (8.5)	10,400 (6.2)	5,556 (3.5)	44,370 (6.7)
<b>2005</b>	--	--	5,326 (2.3)	14,743 (7.0)	15,160 (14.1)	16,071 (10.5)	21,024 (9.3)	10,605 (7.5)	7,326 (3.7)	6,895 (4.1)	3,651 (2.3)	28,477 (4.3)
<b>2006</b>	--	--	--	3,446 (1.6)	11,484 (10.7)	14,766 (9.7)	14,274 (6.3)	5,360 (3.8)	4,023 (2.0)	3,872 (2.3)	1,724 (1.1)	14,979 (2.3)
<b>2007</b>	--	--	--	--	3,327 (3.1)	21,701 (14.2)	20,848 (9.2)	13,636 (9.7)	12,616 (6.4)	7,571 (4.5)	4,269 (2.7)	38,093 (5.7)
<b>2008</b>	--	--	--	--	--	3,793 (2.5)	34,851 (15.4)	24,549 (17.4)	32,567 (16.4)	18,200 (10.9)	11,990 (7.6)	87,306 (13.1)
<b>2009</b>	--	--	--	--	--	--	5,196 (2.3)	18,891 (13.4)	20,769 (10.5)	15,508 (9.3)	6,305 (4.0)	61,473 (9.3)
<b>2010</b>	--	--	--	--	--	--	--	2,171 (1.5)	22,147 (11.2)	14,540 (8.7)	13,065 (8.3)	51,922 (7.8)
<b>2011</b>	--	--	--	--	--	--	--	--	9,731 (4.9)	16,585 (9.9)	34,163 (21.6)	60,478 (9.1)
<b>2012</b>	--	--	--	--	--	--	--	--	--	4,982 (3.0)	16,191 (10.2)	21,174 (3.2)
<b>2013</b>	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	1,074 (0.7)	1,074 (0.2)
<b>3 anos anteriores</b>	--	--	--	112,729 (53.9)	53,670 (50.0)	56,332 (36.9)	75,169 (33.3)	59,247 (42.1)	85,214 (42.9)	51,616 (31.0)	64,492 (40.8)	260,569 (39.2)
<b>Pós 2006</b>	--	--	--	--	3,327 (3.1)	25,495 (16.7)	60,895 (27.0)	59,247 (42.1)	97,830 (49.3)	77,387 (46.4)	87,056 (55.1)	321,520 (48.4)

Tabela S4.

**Desmatamento nas propriedades produtoras e nas não produtoras de soja mapeadas pelos bancos de dados do CAR, LAU e Incra na porção do bioma amazônico de Mato Grosso durante 2007 e 2014.** Agregaram-se os polígonos de desmatamento adjacentes dentro de cada ano. Aproximadamente 12% do desmatamento ocorrido entre 2007 e 2014 em Mato Grosso ocorreram em propriedades produtoras de soja.

	<b>Número de propriedades produtoras de soja mapeadas (≥25 ha soja)</b>	<b>Número e % de propriedades produtoras de soja com pelo menos um ano de desmatamento ≥6.25 ha de 2007 a 2014</b>	<b>Número e % de propriedades produtoras de soja com pelo menos um ano de desmatamento ≥ 25 ha de 2007 a 2014</b>	<b>Número de propriedades não produtoras de soja mapeadas</b>	<b>Número e % de propriedades não produtoras de soja com pelo menos um ano de desmatamento ≥6.25 ha de 2007 a 2014</b>	<b>Número e % de propriedades não produtoras de soja com pelo menos um ano de desmatamento ≥ 25 ha de 2007 a 2014</b>
<b>CAR</b>	2,561	631 (24.6)	328 (12.8)	12,729	2,045 (16.1)	773 (6.1)
<b>LAU</b>	436	107 (24.5)	53 (12.2)	1,462	301 (20.6)	123 (8.4)
<b>INCRA</b>	466	113 (24.3)	61 (13.1)	1,385	352 (25.5)	177 (12.8)
<b>CAR + LAU</b>	2,987	738 (24.7)	381 (12.7)	14,191	2,346 (16.5)	896 (6.3)
<b>Todas</b>	<b>3,463</b>	<b>851 (24.6)</b>	<b>442 (12.8)</b>	<b>15,576</b>	<b>2,698 (17.3)</b>	<b>1,073 (6.9)</b>

Tabela S5.

**Floresta remanescente em todas as propriedades produtoras e não produtoras de soja mapeadas na porção de bioma Amazônia de Mato Grosso (ano base 2014).**

	Número de propriedades produtoras de soja mapeadas (≥25 ha soja)	Propriedades produtoras de soja com ≥80% de cobertura florestal		Número de propriedades não produtoras de soja mapeadas	Propriedades não produtoras de soja com ≥80% de cobertura florestal	
		Número	Percentual (%)		Número	Percentual (%)
<b>CAR</b>	2,561	38	1.5	12,729	1,096	8.6
<b>LAU</b>	436	25	5.7	1,462	797	54.5
<b>INCRA</b>	466	14	3.0	1,385	344	24.8
<b>Total</b>	<b>3,463</b>	<b>77</b>	<b>2.2</b>	<b>15,576</b>	<b>2,237</b>	<b>14.4</b>

Tabela S6.

**Número e parcela de eventos de desmatamento no bioma Amazônia em Mato Grosso que foram embargadas até maio de 2014 por desmatamento ilegal ocorrido entre 2009 e 2013.** O número dos embargos aumentou dramaticamente após 2009. A maioria dos embargos tinha apenas uma sobreposição parcial com eventos de desmatamento detectados.

Ano do desmatamento	Número de eventos de desmatamento $\geq 25$ ha	Eventos de desmatamento sobrepondo-se a $\geq 10\%$ de uma área embargada		Eventos de desmatamento sobrepondo-se a $\geq 1\%$ de uma área embargada	
		Número	Percentual (%) do total	Número	Percentual (%) do total
2013	874	209	24	271	31
2012	623	184	30	248	40
2011	765	188	25	245	32
2010	525	99	19	146	28
2009	545	73	13	110	20

Tabela S7.

**Parcela de imóveis cadastrados na porção de bioma amazônico de Mato Grosso com desmatamento  $\geq 25$  hectares e que foram embargadas pelo Ibama a partir de maio de 2014.**

Ano de desmatamento do Prodes $\geq 25$ ha	Número de propriedades com CAR/LAU com desmatamento	Propriedades com desmatamento que foram embargadas	
		Número	Percentual (%)
2014	148	56	38
2013	154	85	55
2012	130	66	51
2011	189	101	53
2010	143	55	38
2009	131	60	46

Tabela S8.

**Área total adequada (000 ha) para plantio de soja por estado e bioma.** Estão incluídas todas as áreas adequadas para soja nos biomas Amazônia e Cerrado fora de áreas protegidas e indígenas e as áreas já plantadas com soja.

UF	Amazônia desmatada	Amazônia floresta	Amazônia outra	Amazônia total	Cerrado desmatado	Cerrado não desmatado	Cerrado total	Amazônia + Cerrado total
Acre	508	868	0	1,376	0	0	0	1,376
Amazonas	257	757	1	1,014	0	0	0	1,014
Amapá	0	0	1	1	0	0	0	1
Bahia	0	0	0	0	691	1,571	2,262	2,262
Distrito Federal	0	0	0	0	1	0	2	2
Goiás	0	0	0	0	9,943	3,097	13,040	13,040
Maranhão	254	91	0	345	366	468	833	1,178
Minas Gerais	0	0	0	0	8,737	3,569	12,306	12,306
Mato Grosso do Sul	0	0	0	0	12,621	2,823	15,444	15,444
Mato Grosso	6,809	8,808	1,120	16,737	6,458	6,946	13,404	30,141
Pará	3,640	1,677	176	5,493	0	0	0	5,493
Piauí	0	0	0	0	44	76	120	120
Paraná	0	0	0	0	24	2	26	26
Rondônia	3,433	1,865	328	5,626	0	1	2	5,628
Roraima	0	0	0	0	0	0	0	0
São Paulo	0	0	0	0	2,825	359	3,184	3,184
Tocantins	435	127	0	561	820	1,414	2,235	2,796
<b>Total</b>	<b>15,336</b>	<b>14,193</b>	<b>1,625</b>	<b>31,155</b>	<b>42,529</b>	<b>20,328</b>	<b>62,857</b>	<b>94,012</b>
<b>Mapitoba Total</b>	<b>689</b>	<b>218</b>	<b>0</b>	<b>907</b>	<b>1,920</b>	<b>3,529</b>	<b>5,449</b>	<b>6,356</b>

Tabela S9.

**Estimativa de terra adicional adequada para produção de soja (ha) adquirida mudando a data limite da MSoja de 2006 para 2008.**

<b>Estado / Região</b>	<b>Desmatada antes de 2007; elegível respeitando a MSoja</b>	<b>Desmatada 2007–2008; recentemente elegível respeitando a MSoja</b>	<b>Percentual (%) de terra adicional para expansão da soja mudando a data limite da MSoja para julho 2008</b>
<b>MT</b>	8,341,383	279,018	3.3
<b>PA</b>	3,865,503	155,228	4.0
<b>RO</b>	4,194,284	92,003	2.2
<b>Amazônia Total</b>	<b>18,013,018</b>	<b>563,057</b>	<b>3.1</b>

### Referências bibliográficas e notas

1. B. Soares-Filho, R. Rajão, M. Macedo, A. Carneiro, W. Costa, M. Coe, H. Rodrigues, A. Alencar, Cracking Brazil's Forest Code. *Science* 344, 363–364 (2014). Medline doi:10.1126/science.1246663.
2. Brazilian Vegetable Oil Industries Association, New Agenda for Soybeans in the Amazon Biome (ABIOVE, São Paulo, 2014); [www.abiove.com.br](http://www.abiove.com.br).
3. United Nations, Declaration on Forests (UN, New York, 2014); [www.un.org/climatechange/summit/wpcontent/uploads/sites/2/2014/09/FORESTS-New-York-Declaration-on-Forests.pdf](http://www.un.org/climatechange/summit/wpcontent/uploads/sites/2/2014/09/FORESTS-New-York-Declaration-on-Forests.pdf).
4. D. C. Morton, R. S. DeFries, Y. E. Shimabukuro, L. O. Anderson, E. Arai, F. del Bon Espirito-Santo, R. Freitas, J. Morissette, Cropland expansion changes deforestation dynamics in the southern Brazilian Amazon. *Proc. Natl. Acad. Sci. U.S.A.* 103, 14637–14641 (2006). Medline doi:10.1073/pnas.0606377103.
5. M. N. Macedo, R. S. DeFries, D. C. Morton, C. M. Stickler, G. L. Galford, Y. E. Shimabukuro, Decoupling of deforestation and soy production in the southern Amazon during the late 2000s. *Proc. Natl. Acad. Sci. U.S.A.* 109, 1341–1346 (2012). Medline doi:10.1073/pnas.1111374109.
6. B. F. T. Rudorff, M. Adami, D. A. Aguiar, M. A. Moreira, M. P. Mello, L. Fabiani, D. F. Amaral, B. M. Pires, The soy moratorium in the Amazon biome monitored by remote sensing images. *Remote Sens.* 3, 185–202 (2011). doi:10.3390/rs3010185.
7. G. F. Rocha, L. G. Ferreira Jr., N. C. Ferreira, M. E. Ferreira, Detecção de desmatamentos no bioma Cerrado entre 2002 e 2009: Padrões, tendências e impactos. *Rev. Bras. Cartogr.* 63, 341–349 (2011).
8. A. A. Azevedo et al., Instituto de Pesquisa Ambiental da Amazônia, Cadastro Ambiental Rural e sua influência na dinâmica do desmatamento na Amazônia Legal (IPAM Boletim Amazônia em Pauta 3, 2014); [www.ipam.org.br/biblioteca/livro/Amazonia-em-Pauta-N-3-Cadastro-ambientalrural-e-sua-influencia-na-dinamica-do-desmatamento-na-Amazonia-Legal/749](http://www.ipam.org.br/biblioteca/livro/Amazonia-em-Pauta-N-3-Cadastro-ambientalrural-e-sua-influencia-na-dinamica-do-desmatamento-na-Amazonia-Legal/749).
9. R. Rajão, A. Azevedo, M. C. Stabile, Institutional subversion and deforestation: Learning lessons from the system for the environmental licensing of rural properties in Mato Grosso. *Public Adm. Dev.* 32, 229–244 (2012). doi:10.1002/pad.1620.
10. No Pará um terço disso foi em assentamentos rurais do Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária (Incra).
11. J. Börner, S. Wunder, S. Wertz-Kanounnikoff, G. Hyman, N. Nascimento, Forest law enforcement in the Brazilian Amazon: Costs and income effects. *Glob. Environ. Change* 29, 294–305 (2014). 10.1016/j.gloenvcha.2014.04.021 doi:10.1016/j.gloenvcha.2014.04.021.

12. E. F. Lambin, H. K. Gibbs, L. Ferreira, R. Grau, P. Mayaux, P. Meyfroidt, D. C. Morton, T. K. Rudel, I. Gasparri, J. Munger, Estimating the world's potentially available cropland using a bottom-up approach. *Glob. Environ. Change* 23, 892–901 (2013). doi:10.1016/j.gloenvcha.2013.05.005.
13. B. B. Strassburg, A. E. Latawiec, L. G. Barioni, C. A. Nobre, V. P. da Silva, J. F. Valentim, M. Vianna, E. D. Assad, When enough should be enough: Improving the use of current agricultural lands could meet production demands and spare natural habitats in Brazil. *Glob. Environ. Change* 28, 84–97 (2014). doi:10.1016/j.gloenvcha.2014.06.001.
14. D. Nepstad, D. McGrath, C. Stickler, A. Alencar, A. Azevedo, B. Swette, T. Bezerra, M. DiGiano, J. Shimada, R. Seroa da Motta, E. Armijo, L. Castello, P. Brando, M. C. Hansen, M. McGrath-Horn, O. Carvalho, L. Hess, Slowing Amazon deforestation through public policy and interventions in beef and soy supply chains. *Science* 344, 1118–1123 (2014). Medline doi:10.1126/science.1248525.
15. Greenpeace, Eating up the Amazon (Greenpeace International, 2006); [www.greenpeace.org/usa/Global/usa/report/2010/2/eating-up-the-amazon.pdf](http://www.greenpeace.org/usa/Global/usa/report/2010/2/eating-up-the-amazon.pdf).
16. C. Brannstrom, L. Rausch, J. C. Brown, R. M. T. de Andrade, A. Miccolis, Compliance and market exclusion in Brazilian agriculture: Analysis and implications for “soft” governance. *Land Use Policy* 29, 357–366 (2012). doi:10.1016/j.landusepol.2011.07.006.
17. J. C. Brown, M. Koeppel, “Debates in the Environmentalist Community: The Soy Moratorium and the Construction of Illegal Soybeans in the Brazilian Amazon,” in *Environment and the Law in Amazonia: A Plurilateral Encounter*, J. M. Cooper, C. Hunefeldt, Eds. (Sussex Academic Press, Brighton, UK, 2013), pp. 110-126.
18. B. Baletti, Saving the Amazon? Sustainable soy and the new extractivism. *Environ. Plan. A* 46, 5–25 (2014). doi:10.1068/a45241.
19. Abiove, National Association of Cereal Exporters (ANEC), Ministry of the Environment and Civil Society Sign Commitment for Transition of the Soy Moratorium [press release] (ABIOVE, São Paulo, 2014); [www.abiove.com.br](http://www.abiove.com.br).
20. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, Projeto PRODES—monitoriamento da floresta amazônica brasileira por satélite (INPE, São Paulo, 2014); <http://www.obt.inpe.br/prodes/index.php>.
21. G. Trabalho de Soja, S. Moratorium, Mapping and Monitoring Soybean in the Amazon Biome—5th year (GTS, 2012); [www.abiove.com.br](http://www.abiove.com.br).
22. B. F. T. Rudorff, M. Adami, J. Risso, D. A. de Aguiar, B. Pires, D. Amaral, L. Fabiani, I. Cecarelli, Remote sensing images to detect soy plantations in the Amazon biome—The Soy Moratorium Initiative. *Sustainability* 4, 1074–1088 (2012). doi:10.3390/su4051074.

23. J. Hargrave, K. Kis-Katos, Economic causes of deforestation in the Brazilian Amazon: A panel data analysis for the 2000s. *Environ. Resour. Econ.* 54, 471–494 (2013). doi:10.1007/s10640-012-9610-2.
24. B. Soares-Filho, P. Moutinho, D. Nepstad, A. Anderson, H. Rodrigues, R. Garcia, L. Dietzsch, F. Merry, M. Bowman, L. Hissa, R. Silvestrini, C. Maretti, Role of Brazilian Amazon protected areas in climate change mitigation. *Proc. Natl. Acad. Sci. U.S.A.* 107, 10821–10826 (2010). Medline doi:10.1073/pnas.0913048107.
25. J. Assunção, C. C. Gandour, R. Rocha, “Deforestation slowdown in the Legal Amazon: Prices or policies” (Climate Policy Initiative, Rio de Janeiro, 2012).
26. R. Rizzi, et al., Estimativa da área de soja no Mato Grosso por meio de imagens MODros. *Inf. Serv.. Anais XIV Simposio Brasileiro de Sensoriamento Remoto*, Natal, Brasil, 25-30 April 2009 (Publisher, 2009), pp. 387–394.
27. Land Processes Distributed Active Archive Center, U.S. Government Survey, 16-day Normalized Difference Vegetation Index product (MOD13Q1) [MODros. *Inf. Serv. (MODIS)*, USGS, Sioux Falls, SD, 2014]; [https://lpdaac.usgs.gov/products/modis\\_products\\_table/mod13q1](https://lpdaac.usgs.gov/products/modis_products_table/mod13q1).
28. J. Risso, thesis, INPE Sao Joes dos Campos (2012); <http://urlib.net/8JMKD3MGP7W/3DKND9B>.
29. A. Huete, K. Didan, T. Miura, E. P. Rodriguez, X. Gao, L. G. Ferreira, Overview of the radiometric and biophysical performance of the MODIS vegetation indices. *Remote Sens. Environ.* 83, 195–213 (2002). doi:10.1016/S0034-4257(02)00096-2.
30. G. L. Galford, J. F. Mustard, J. Melillo, A. Gendrin, C. C. Cerri, C. E. P. Cerri, Wavelet analysis of MODIS time series to detect expansion and intensification of row-crop agriculture in Brazil. *Remote Sens. Environ.* 112, 576–587 (2008). doi:10.1016/j.rse.2007.05.017.
31. C 5.0TM decision-tree software.
32. J. R. Quinlan, Induction of decision trees. *Mach. Learn.* 1, 81–106 (1986). doi:10.1007/BF00116251.
33. NASA, Shuttle Radar Topography Mission (SRTM) (NASA, Pasadena, Calif., 2014; <http://www2.jpl.nasa.gov/srtm/>).
34. T. Farr, M. Kobrick, The shuttle radar topography mission. *Eos Trans. AGU* 82, 47 (2001).
35. T. G. Farr, P. A. Rosen, E. Caro, R. Crippen, R. Duren, S. Hensley, M. Kobrick, M. Paller, E. Rodriguez, L. Roth, D. Seal, S. Shaffer, J. Shimada, J. Umland, M. Werner, M. Oskin, D. Burbank, D. Alsdorf, The Shuttle Radar Topography Mission. *Rev. Geophys.* 45, RG2004 (2007). doi:10.1029/2005RG000183.

36. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, Fotos Cptec Fogo/MT (INPE, 2007; <http://www.obt.inpe.br/fototeca/fototeca.html>).
37. INPE/EMBRAPA, Amazon land use and land cover information Project (Projeto TerraClass, INPE/EMBRAPA, 2012; [http://www.inpe.br/cra/projetos\\_pesquisas/terraclass2010.php](http://www.inpe.br/cra/projetos_pesquisas/terraclass2010.php)).
38. LAPIG, Laboratório de Processamento de Imagens e Geoprocessamento, Dados Vetoriais de alterações de desmatamento no período de 2002-2013 (Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2014; <http://www.lapig.iesa.ufg.br/lapig/>).
39. M. do Meio Ambiente, Mapas de Cobertura Vegetal dos Biomas Brasileiros—Cerrado (MMA, 2002); <http://mapas.mma.gov.br/mapas/aplic/probio/datadownload.htm>.
40. D. Redo, T. M. Aide, M. L. Clark, Vegetation change in Brazil's dryland ecoregions and the relationship to crop production and environmental factors: Cerrado, Caatinga, and Mato Grosso, 2001-2009. *J. Land Use Sci.* 8, 123–153 (2013). doi:10.1080/1747423X.2012.667448.
41. J. F. Silva, R. R. Fariñas, J. M. Felfili, C. A. Klink, Spatial heterogeneity, land use and conservation in the cerrado region of Brazil. *J. Biogeogr.* 33, 536–548 (2006). doi:10.1111/j.1365-2699.2005.01422.x.
42. C. A. Klink, R. B. Machado, Conservation of the Brazilian Cerrado. *Conserv. Biol.* 19, 707–713 (2005). doi:10.1111/j.1523-1739.2005.00702.x.
43. M. N. Macedo, E. A. Davidson, Climate and land use: Forgive us our carbon debts. *Nat. Clim. Change* 4, 538–539 (2014). doi:10.1038/nclimate2279.
44. Brasil Ministério da Ciência e Tecnologia e Inovação, Emissões de Gases de Efeito Estufa no Setor Uso da Terra, Mudança no Uso da Terra e Florestas. Relatórios de Referência: Uso da Terra e Florestas (MCTI, 2nd Inventário Brasileiro de Emissões e Remoções Antrópicas de Gases de Efeito Estufa. (BMCTI, Brasília, 2010).
45. SIMLAM—MT (Sistema Integrado de Monitoramento e Licenciamento Ambiental—Mato Grosso); <http://monitoramento.sema.mt.gov.br/simlam/>.
46. SIMLAM—PA (Sistema Integrado de Monitoramento e Licenciamento Ambiental—Pará); <http://monitoramento.sema.pa.gov.br/simlam/>.
47. INCRA (Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária), Certificado de Cadastro do Imóvel Rural (CCIR); <https://acervofundiario.incra.gov.br>.
48. IBAMA embargo map; <http://siscom.ibama.gov.br/mapas/>.
49. D. Silva da Silva, P. Barreto, O Aumento da Produtividade e Lucratividade da Pecuária Bovina na Amazônia: O Caso do Projeto Pecuária Verde em Paragominas (Imazon, Belém, Brazil, 2014).

50. L. S. Lima, L. J. C. Oliveira, B. S. Soares Filho, H. O. H. Rodrigues, Balanço hídrico climatológico espacializado para o Brasil. XVII Congresso Brasileiro de Meteorologia, Gramado, RS, 23-28 September 2012 (Publisher, CITY, 2012).
51. WorldClim, [www.worldclim.org/](http://www.worldclim.org/).
52. CliMond, [www.climond.org/](http://www.climond.org/).
53. Projeto de Monitoramento do Desmatamento dos Biomas Brasileiros por Satélite-PMDBBS; <http://siscom.ibama.gov.br/monitorabiomas/cerrado/index.htm>.
54. E. Barona, N. Ramankutty, G. Hyman, O. T. Coomes, The role of pasture and soybean in deforestation of the Brazilian Amazon. *Environ. Res. Lett.* 5, 024002 (2010). doi:10.1088/1748-9326/5/2/024002.
55. E. Y. Arima, P. Richards, R. Walker, M. M. Caldas, Statistical confirmation of indirect land use change in the Brazilian Amazon. *Environ. Res. Lett.* 6, 024010 (2011). doi:10.1088/1748-9326/6/2/024010.
56. N. I. Gasparri, Y le Polain de Waroux, The coupling of South American soybean and cattle production frontiers: New challenges for conservation policy and land change science. *Conserv. Lett.* (2014); <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/conl.12121/full>.
57. F. Gollnow, T. Lakes, Policy change, land use, and agriculture: The case of soy production and cattle ranching in Brazil, 2001-2012. *Appl. Geogr.* 55, 203–211 (2014). doi:10.1016/j.apgeog.2014.09.003.